

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт Энергетический

Направление подготовки АБ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования подстанции «Сомкинская» Тюменской энергосистемы
УДК 621.311.4.316.925.1(571.12)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Полянский Александр Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коломиец Н.В..	К. Т. Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А..	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроэнергетические системы	Сулайманов А.О.	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем
P2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов
P3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях - потенциальных работодателях.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки АБ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
З-5А11	Полянскому Александру Владимировичу

Тема работы:

Анализ устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования подстанции «Сомкинская» Тюменской энергосистемы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016, № 576/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объектом исследования являются устройства релейной защиты и автоматики основного оборудования подстанции «Сомкинская» Тюменской энергосистемы. В качестве исходных данных представлены:</i> - электрическая схема района; - параметры электрооборудования.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным</i>	<i>-краткая характеристика главной схемы и электрооборудования подстанции «Сомкинская»;</i> <i>-выбор и обоснование устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования;</i> <i>- постановка задачи проектирования;</i> <i>- проектирование релейной защиты автотрансформатора</i>

источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	рассматриваемой подстанции; - детальное рассмотрение видов повреждений и ненормальных режимов работы основного оборудования ; - выбор и расчёт основных защит; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	- главная схема подстанции (приложение 1) - структурная схема электрических подключений (приложение 2)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Коршунова Лидия Афанасьевна
«Социальная ответственность»	Бородин Юрий Викторович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коломиец Н.В..	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Полянский А.В.		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 97 листов, 2 рисунков, 19 таблиц, 32 источников, 2 приложений.

Ключевые слова: энергосистема, электрическая сеть, район, линия, автотрансформатор, релейная защита, чувствительность, противоаварийная автоматика, уставка, экономическая эффективность, вероятность.

Объектом проектирования является релейная защита и автоматика автотрансформатора 3*167 МВА 500/230/38 кВ на подстанции Сомкинская Тюменской энергосистемы.

Цель работы: анализ дифференциальной и ступенчатой защиты на высшей и средней стороне автотрансформатора.

В процессе исследования проводились расчёты в программах «ТКЗ-3000», «Дакар» с базами данных Тюменской энергосистемы, а, также использовались пакеты программ Mathcad, Excel.

В результате исследования были разработаны и проанализированы устройства релейной защиты и автоматики основного оборудования подстанции «Сомкинская» Тюменской энергосистемы.

Проанализированные релейная защита и автоматика базируются на отечественной микроэлектронной аппаратуре. Чувствительность измерительных органов основных и ряда ступеней резервных дистанционных защит и токовых защит нулевой последовательности достигнута благодаря использованию возможностей типовой аппаратуры.

Определения, обозначения, сокращения

АВР – автоматический ввод резерва

АПВ – автоматическое повторное включение

АТ – автотрансформатор

ВН – высокое напряжение

ДЗТ – дифференциальная защита трансформатора

ДО – дифференциальная отсечка

КЗ – короткое замыкание

МТЗ – максимальная токовая защита

НН – низкое напряжение

ОВПФ – опасные и вредные производственные факторы

ОПУ - общеподстанционный пункт управления

ОРУ – открытое распределительное устройство

ПА – противоаварийная автоматика

ПС – подстанция

ПТЭ – правила технической эксплуатации электроустановок
потребителей

ПУЭ – правила устройства электроустановок

РЗА – релейная защита и автоматика

РПН – регулировка напряжения под нагрузкой

СН – среднее напряжение

СТЗНП – ступенчатая токовая защита нулевой последовательности

ТЗНП – токовая защита нулевой последовательности

ТЗОП – токовая защита обратной последовательности

ТЭО – технико-экономическое обоснование

УРЗА – устройство релейной защиты и автоматики

УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя

Оглавление

Введение	10
Обзор литературы	12
1 Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений	13
1.1 Виды повреждений и ненормальные режимы работы автотрансформатора	13
1.2 Главная схема ПС, параметры схем элементов, установившихся режимов выбранного района энергосистемы	14
1.3. Выбор и обоснование устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Выбор измерительных трансформаторов	Ошибка! Закладка не определена.
2. Основные защиты автотрансформатора 3х167 МВА 500/230/38 кВ на ПС «Сомкинская»	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 ДЗТ автотрансформатора ШЭ-2108 на стороне ВН	Ошибка! Закладка не определена.
2.1.1 Первая ступень	Ошибка! Закладка не определена.
2.1.2 Вторая ступень	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 ДЗТ автотрансформатора на стороне СН	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.1 Первая ступень	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.2 Вторая ступень	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Дифференциальная защита ШЭ-2106	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.1 Измерительные трансформаторы тока и выравнивающие трансформаторы	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.2 Настройка чувствительного канала	Ошибка! Закладка не определена.

- 2.3.3 Дифференциальная отсечка ____ **Ошибка! Закладка не определена.**
3. Газовая защита _____ **Ошибка! Закладка не определена.**
4. Резервные защиты автотрансформатора ШЭ 2107 _____ **Ошибка! Закладка не определена.**
5. Регулирование напряжения автотрансформатора (РПН) __ **Ошибка! Закладка не определена.**

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» _____ 16

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. _____ 17
- 6.1 Планирование научно-технического исследования _____ 17
- 6.2 Расчёт научно-технической эффективности _____ 18
- 6.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ _____ 22
- 6.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ _____ 22
- 6.3.2 Разработка графика проведения научного исследования _____ 22
- 6.4 Бюджет научно-технического исследования _____ 25
- 6.4.1 Расчет материальных затрат _____ 26
- 6.4.2 Заработная плата исполнителей темы _____ 26
- 6.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ____ 27
- 6.4.4 Амортизация _____ 28
- 6.4.6 Прочие расходы _____ 29
- 6.4.5 Накладные расходы _____ 30
- 6.4.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования _____ 30
- 6.5 Определение капитальных вложений в РЗА _____ 31

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ» _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

7. Социальная ответственность __ **Ошибка! Закладка не определена.**

7.1 Производственная безопасность_____ **Ошибка! Закладка не определена.**

7.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов __ **Ошибка! Закладка не определена.**

7.1.2 Техника безопасности _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Электробезопасность. _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Техника безопасности при работах на высоте ____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Техника безопасности при работе с вращающимися механизмами

_____ **Ошибка! Закладка не определена.**

7.1.3 Производственная санитария **Ошибка! Закладка не определена.**

Микроклимат _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Освещение _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Поля радиочастот, электромагнитные поля ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ [22]

_____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Шум _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Вибрация _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Воздух рабочей зоны _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

7.1.4. Пожарная безопасность_____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Категории пожаровзрывоопасности. _ **Ошибка! Закладка не определена.**

Классы пожароопасности _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Средства пожаротушения _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

7.1.5 Экологическая безопасность **Ошибка! Закладка не определена.**

7.1.6 Чрезвычайные ситуации_____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Заключение_____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Приложение 1 _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

Приложение 2Список использованных источников **Ошибка! Закладка не определена.**

Список использованных источников _ **Ошибка! Закладка не определена.**

Введение

Особенностью электроэнергетических систем (ЭЭС) является жесткая взаимосвязь различных элементов и комплексов:

физико-химические энергетические преобразователи: котельные агрегаты, атомные реакторы, камеры сгорания газовых турбин; системы топливоприготовления на угольных электростанциях, транспортные системы и цеха, водохранилища и т.д..

энергомеханические: паровые и газовые турбины, сочлененные с турбогенераторами, гидротурбины, сочлененные с гидрогенераторами;

электрические элементы: оборудование; генераторы, электродвигатели, трансформаторы, компенсирующие устройства, фильтры нагрузки, фильтры нагрузки-регуляторы; электрические линии разных классов напряжений;

Вся названная система компонентов функционирует в условиях взаимозависимости параметров процессов в одних элементах от параметров процессов в других.

В настоящее время, при рассмотрении процессов в электрической части ЭЭС, на которые реагирует релейная защита и автоматика (РЗА), считается достаточным учитывать элементы электрической схемы (электрической сети) и участвующие в электромеханическом преобразовании энергии турбины. Причем, последнее учитывается только при расчете параметров электромеханических процессов, что в свою очередь необходимо для определения и уточнения уставок противоаварийной автоматики (ПА).

Время протекания электромагнитных процессов настолько быстротечно, что о непосредственном участии обслуживающего персонала в обнаружении и управлении ими не может быть и речи. Поэтому устройства релейной защиты (РЗ), автоматического повторного включения (АПВ), автоматического включения резерва (АВР), устройства резервирующего отказы выключателей (УРОВ) и др., реагирующие на параметры электромагнитных процессов, функционируют без участия оперативного персонала, то есть, чисто автоматически. Практически, устройства ПА, реагирующие на параметры

быстрых электромеханических процессов, также работают без участия человека. Таким образом, работа электроустановок не может проходить нормально без средств РЗА, которые быстро обнаруживают место повреждения, возмущения или их последствия, локализуют их и подавляют распространение путем отключения поврежденного или предельно-перегруженного элемента от электрической сети, форсируют системы управления нагруженных элементов. Время работы основных РЗ составляет 0,02-0,06 с, резервных 0,1-1,5 с, время работы (отключения) выключателей 0,06-0,1 с, резервирующих ступеней РЗ, осуществляющих дальнейшее резервирование 1-6 с, время работы АПВ 0,3-1,5 с, АВР 0,2-1 с.

В настоящее время в электроустановках используется устройства РЗА трех видов, которые отражают три поколения развития аппаратуры РЗА: электромеханические устройства, микроэлектронные и микропроцессорные. Наиболее современным является последний вид.

На основании изложенного поставлена задача проанализировать релейную защиту автотрансформатора 500/220/35кВ, расположенного на п/ст «Сомкинская».

Для выполнения поставленной задачи, необходимо выбрать район сети, включающий автоматизируемые объекты. Этот выбор нужно осуществить так, чтобы была возможность достаточно полноценно спроектировать РЗА автоматизируемых объектов. Для спроектированных устройств РЗА необходимо оценить экономическую эффективность.

Для решения поставленных задач использованы расчетно-аналитические и графические методы, методы логики, математической статистики и др.. Реализация названных методов и алгоритмов осуществляется через пакеты прикладных программ «ТКЗ-3000», «Мустанг», «Дакар» «Mathcad», «Excel» и др., имеющихся в распоряжении кафедры электроэнергетических систем.

Обзор литературы

Релейная защита является одной из самых важных и ответственных частей автоматики, которая применяется в современных энергосистемах. Анализ имеющихся исследований показал, что изучению релейной защиты уделяется большое внимание. Существует большое количество изданий, содержащих данные для разработки защит электроустановок. Обязательные требования к релейной защите описаны в ПУЭ [1]. Но этот источник даёт нам только основные понятия. Более подробно схемы защит рассмотрены в работе Бурнашева А.Н.[2].

Так как основные принципы релейной защиты остаются неизменными, всё ещё актуальны труды таких авторов, как Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. [3], Федосеев А. М., Федосеев М. А. [4].

Тем не менее, устройства РЗА непрерывно совершенствуются, поэтому необходимо постоянно обновлять знания персонала для полноценной работы с современным оборудованием. Такую возможность предоставляют производители УРЗА, публикуя документацию на своих официальных сайтах.

Расчёт параметров ЭЭС и уставок релейной защиты в наше время невозможен без использования специализированных компьютерных программ. Описание одной из таких программ (ТКЗ-3000) рассмотрено в работе Шмойлова А.В.[5].

Экономический раздел ВКР был рассмотрен на основе работ Коршуновой Л.А., Кузьминой Л.Г.[6].

Раздел «Социальная ответственность» был разработан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности[9-32].

1 Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений

1.1 Виды повреждений и ненормальные режимы работы автотрансформатора

Основные виды повреждений в автотрансформаторах

- а) междуфазные замыкания внутри бака трансформатора и на наружных выводах обмоток;
- б) замыкания между витками одной фазы в обмотках (витковые замыкания);
- в) замыкания на корпус обмоток или их наружных выводов;
- г) повреждения «железа» трансформаторов, приводящие к появлению местного нагрева и выгоранию части магнитопровода (пожару стали).

Как показывает опыт, наиболее часто происходят к.з. на выводах и витковые замыкания в обмотках трансформаторов.

Значительно реже возникают междуфазные повреждения внутри трансформаторов. В трехфазных трансформаторах они маловероятны, вследствие большой прочности междуфазной изоляции, хотя и не исключены. В рассматриваемой нами трансформаторной группе, составленной из трех однофазных автотрансформаторов, замыкания между обмотками фаз невозможны.

Для ограничения размера ущерба, релейная защита в трансформаторе должна действовать быстро. Повреждения, сопровождающиеся большим током короткого замыкания, должны отключаться без выдержки времени с $t = 0,05 \div 0,1$ с.

Для защиты от повреждений применяются токовая отсечка, дифференциальная и газовая защиты.

Ненормальные режимы работы автотрансформатора

Самым частым ненормальным режимом работы автотрансформаторов является появление в них сверхтоков, то есть токов, превышающих номинальный ток обмоток трансформатора. Сверхтоки в трансформаторе

возникают при перегрузках, качаниях и КЗ за трансформатором. Перегрузки возникают вследствие самозапуска электродвигателей, автоматического подключения нагрузки при действии АВР, увеличения нагрузки в результате отключения параллельно работающего трансформатора, и т. п.

Для защиты от внешних КЗ применяются МТЗ, МТЗ с блокировкой по напряжению, ТЗНП, ТЗОП. Защита от перегрузки действует на отключение только в том случае, когда перегрузка не может быть ликвидирована персоналом или автоматически. Во всех остальных случаях, защита работает на сигнал или производит разгрузку трансформатора автоматическим образом.

Ещё одним ненормальным режимом работы трансформатора, возникающим в сетях 500 – 750 кВ, является повышение напряжения. Оно возникает при одностороннем отключении длинных линий с большой емкостной проводимостью или при резонансе, вызванном определенным сочетанием индуктивности шунтирующих реакторов и ёмкости линии. При повышении напряжения происходит увеличение магнитной индукции в магнитопроводе трансформатора, вследствие чего возрастает ток намагничивания и вихревых токов. Эти токи нагревают обмотку и магнитопровод трансформатора, что может привести к повреждению изоляции обмоток и «пожару железа». Чем больше уровень повышения напряжения, тем меньше время в течение которого оно допускается.

1.2 Главная схема ПС, параметры схем элементов, установившихся режимов выбранного района энергосистемы

Главная схема ПС [прил. 1] со стороны напряжения 500 кВ выполнена двумя системами шин с двумя выключателями на цепь. В нормальном режиме работы все выключатели включены и обе системы сборных шин находятся в работе. Также, в схемах присутствует шиносоединительный выключатель, который отключён в нормальном режиме. При КЗ на присоединении, оно отключается двумя выключателями. Короткое замыкание на одной из систем сборных шин отключается выключателями этой системы шин, другая система

сборных шин и все подключенные к ней электрические цепи сохраняются в работе. Достоинство схемы - легкость вывода в ремонт любой системы сборных шин, а также выключателей без проведения операций разъединителями под нагрузкой: сначала отключается выводимый в ремонт выключатель, а затем с обеих его сторон отключаются разъединители. Схема обладает высокой степенью надежности. Однако с увеличением вдвое числа выключателей, разъединителей, трансформаторов тока на каждое присоединение возрастает объем эксплуатационных работ.

Со стороны напряжения 220 кВ применена схема с двумя рабочими системами шин с обходной. Схема с двумя системами шин и обходной, с шиносоединительным и обходным выключателями, обеспечивает возможность поочередного ремонта выключателей без перерыва в работе соответствующих присоединений.

ПС «Сомкинская» имеет в своём составе три группы однофазных автотрансформаторов 500\220\35 кВ мощностью 3*167 МВА. Со стороны ОРУ 220кВ отходят шесть линий (к узлам 777, 108, 806, 807, 107, 108).

Перетоки активной и реактивной мощностей по заданной линии согласно программному комплексу Дакар 99 (база данных Zima8) составляют:

$$P=1018,647 \text{ МВт}; Q= 192,509 \text{ Мвар}.$$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A11	Полянскому Александру Владимировичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления в социальные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- планирование выполнения проекта; - расчёт бюджета на проектирование; - расчёт капитальных вложений в основные средства.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- определение научно-технической эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Полянский Александр Владимирович		

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование реконструкции релейной защиты и автоматики основного оборудования подстанции «Сомкинская» Тюменской энергосистемы.

Реконструкция позволит повысить быстродействие, селективность, чувствительность и надежность релейной защиты и, как следствие, повысить надёжность электроснабжения потребителей. Для достижения этих целей выбираем современное микропроцессорное оборудование.

Для ТЭО проведения анализа произведем необходимые расчеты:

1. Планирование научно-технического исследования;
2. Расчёт научно-технической эффективности;
3. Расчет затрат на проектирование релейной защиты основного оборудования подстанции «Сомкинская» Тюменской энергосистемы;
4. Расчет затрат на оборудование и монтаж.

6.1 Планирование научно-технического исследования

Таблица 6.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координирование	9	Контроль качества выполнения проекта и	Руководитель

проекта		консультирование исполнителя	
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

6.2 Расчёт научно-технической эффективности

В идеале, любое проектирование должно начинаться с выявления требований потенциальных потребителей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (6.1)$$

где q – параметрический показатель;

P – величина параметра реального;

P_{100} – величина параметра гипотетического (идеального) объекта, удовлетворяющего потребность на 100%;

p – вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта, принимаем $p=0,9$

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту соответствует некий вес d , разный для каждого показателя. После вычисления всех единичных показателей становится реальным вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (6.2)$$

где Q – групповой технический показатель (по техническим параметрам);

q_i – единичный параметрический показатель по i -му параметру;

d_i – вес i -го параметра;

n – число параметров, подлежащих рассмотрению.

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,9 \quad (6.3)$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,135 \quad (6.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_n}{Q_k} = \frac{0,9}{0,135} = 6,67 \quad (6.5)$$

где $K_{\text{ту}}$ – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);

Q_n , Q_k – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 6.2 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	Новшество ЭКРА		Устаревшие эл.механич.УРЗА		Идеальное УРЗА	
		P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q		Q_n		Q_k		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,3	100	0,9	50	0,45	100	0,9
1.2 Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9

1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

Таблица 6.3 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: ЭКРА	Конкурент: Устаревшие эл.механич.УРЗА
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Широкий спектр выбора изменяемых уставок с возможностью оперативного изменения характеристик.	Узкий спектр выбора изменяемых уставок без возможности оперативного изменения характеристик.
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи	Обеспечивается передача информации по каналам связи, прокладываемым при установке оборудования. Не требуются доп. каналы связи.	Передача информации невозможна.
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Есть возможность	Нет возможности
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Есть возможность	Нет возможности
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Есть возможность	Нет возможности

Превосходство над оппонентами обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на отечественном рынке и пользуется заслуженной популярностью. Этого удалось достичь, в первую очередь, за счет надежности и качества. Преимуществ у

микропроцессорных защит много: это меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программы защит, в том числе и для исправления проектных ошибок и прочее. Если учесть все эти составляющие, то можно смело утверждать, что цена функций в таких изделиях сопоставима с электромеханическими защитами (а чаще – ниже) и это выбивает главный аргумент сторонников электромеханики.

Таблица 6.4. - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{дyi}$	$K_{дyi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)	0,1	0,3	0,03
2. Перспективность использования результатов (критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчётных группах РЗА ОДУ, РДУ)	0,4	0,1	0,04
3. Завершенность полученных результатов (критерий оценки: написан отчет по теме)	0,3	0,1	0,03
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов (критерий оценки: Тюменская энергосистема)	0,2	0,1	0,02
Результативность	$K_{ну} = \sum(K_{дyi} \cdot d_i) = 0,14$		

6.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ

6.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{\text{ож}i}$ используем следующую формулу:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2.8 \text{ чел} - \text{дни} \quad (6.6)$$

Где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы человеко-дни;

$t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитываем параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней} \quad (6.7)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22, \quad (6.8)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3 \text{ дней}, (6.9)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица 6.5 - Временные показатели проведения научного исследования

№ п/п	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T _{рi}		Длительность работ в календарных днях T _{кi}	
		t _{min} , человеко- дни		t _{max} , человеко- дни		t _{ожi} человеко- дни					
		Руковод.	Инженер	Руковод	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
1	Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8	0	2,8	0	3	0
2	Подбор и изучение литературы по теме		8		12	0	9,6	0	9,6	0	12
3	Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	1
4	Календарное планирование работ по теме	1	1	2	1	1,4	1,4	1,4	1,4	2	2
5	Анализ исходных данных		5		8	0	6	0	6	0	7
6	Предварительный выбор защит		5		8	0	5	0	5	0	6

7	Расчет уставок защит		18		25	0	20,8	0	20	0	24
8	Анализ полученных результатов		4		6	0	4,8	0	4,8	0	6
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8		10		8,8	0	8,8	0	11	11
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		6		8	0	6,8	0	6,8	0	8
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		7		10	0	8,2	0	8,2	0	10
12		Итого:								17	87

Таблица 6.6 – Календарный план проведения научного исследования по теме

№ раб от	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3
2	Подбор, изучение литературы	Инженер	15
3	Выбор направления исследований	Инженер Руководитель	16
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	18
5	Анализ исходных данных	Инженер	25
6	Предварительный выбор защит	Инженер	31
7	Расчет уставок защит	Инженер	55
8	Анализ полученных результатов	Инженер	61
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель Инженер	72
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	80
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	90

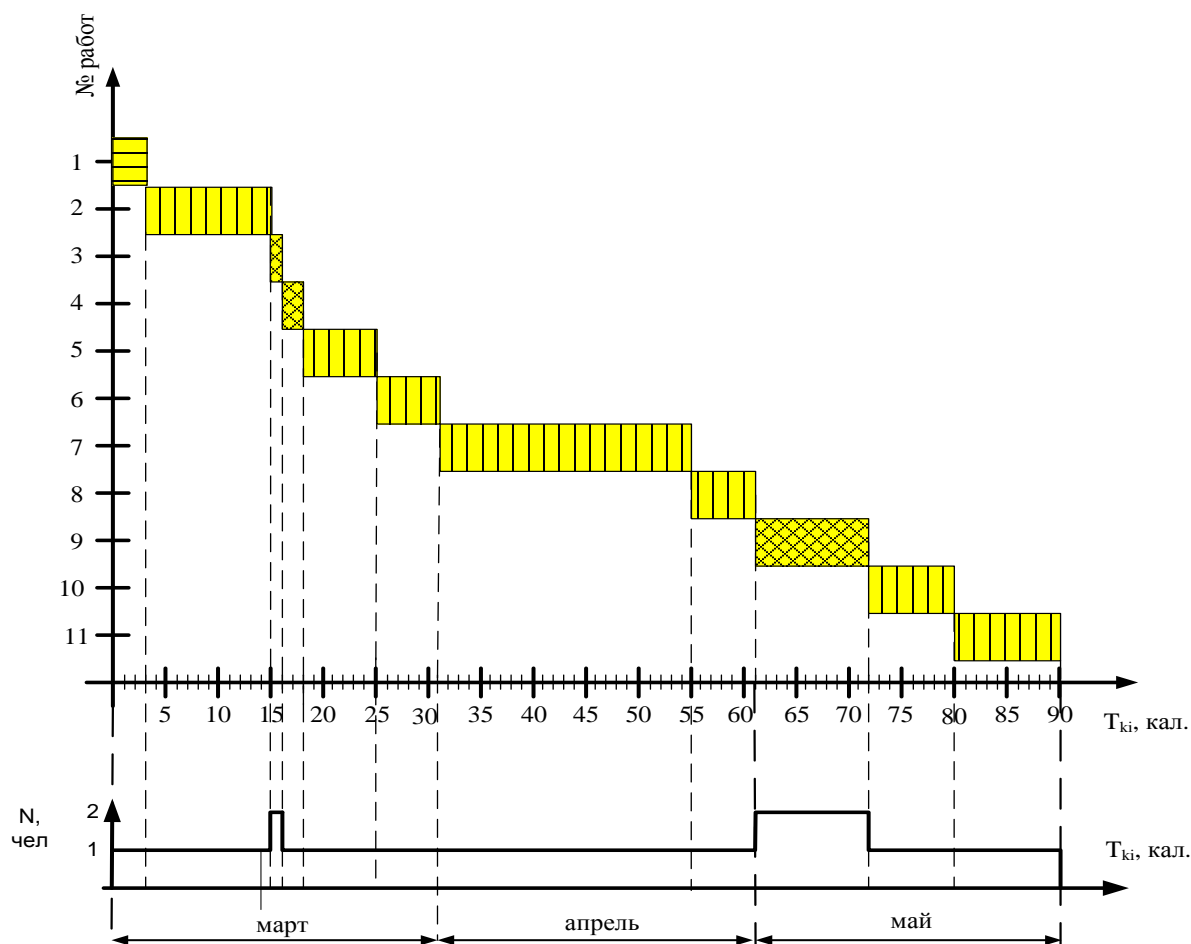


Рисунок 6.1 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме

Где



– руководитель;



– инженер;



– руководитель и инженер.

6.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета научного исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научного исследования;

- оплата труда;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- амортизация
- прочие расходы
- накладные расходы.

6.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 6.7 – Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	2	20	40
2. Карандаш	30	1	30
3. Ластик	12	1	12
4. Ручка	25	2	50
5. Картридж	3500	1	3500
6. Линейка	10	1	10
7. Калькулятор	250	1	250
Итого			3892

6.4.2 Заработная плата исполнителей темы

В данную тему включается заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Расчет заработной платы приведен ниже.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot k_{\text{Д}} \cdot k_{\text{Р}} \quad (6.10)$$

Где

$Z_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{Д}} = 1,16$ – коэффициент дополнительной заработной платы

руководителя;

$k_{\text{Д}} = 1,08$ – коэффициент дополнительной заработной платы инженера;

$k_{\text{Р}} = 1,3$ – районный коэффициент для Томска.

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 16751 \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 23518,4$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{23518,4}{30} = 739$$

Зарботная плата инженера, руб.:

$$Z = 739 \cdot 87 = 64293$$

Месячный должностной оклад руководителя, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 23264,9 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 35083,47$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{35083,47}{30} = 1169,45$$

Зарботная плата руководителя, руб.:

$$Z = 1169,45 \cdot 17 = 19880,65$$

Итого по зарплате: $Z_{\text{исп}} = 64243 + 19880,65 = 84123,65$ руб.

6.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З, (6.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г., в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ, установлен размер страховых взносов, равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З = 0,27 \cdot 84123,65 = 22713,39$$

Итого: 22713,39 руб.

6.4.4 Амортизация

Затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье занесён в таблицу 6.8.

Таблица 6.8. Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Программный комплекс АРМ	1	681 400	681 400

¹ Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

	СРЗА			
2	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	3 500	3 500
3	Оргтехника, комплект	1	40000	40 000
4	Мебель, комплект	1	20000	20 000
Итого: $Z_M =$				744 900

В связи с длительностью использования, стоимость основных средств учитывается с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{днейиспользования}}}{\text{срокслужбы} \cdot 365} \quad (6.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A_{\text{комп}} = \frac{(681400 + 3500 + 40000) \cdot 90}{5 \cdot 365} = 35\,748,49 \text{ руб.}$$

Амортизация мебели

$$A_{\text{меб}} = \frac{20000 \cdot 90}{10 \cdot 365} = 493,15 \text{ руб.}$$

Итого: $A=36241,64$ руб.

6.4.6 Прочие расходы

К элементу «Прочие расходы» себестоимости продукции (работы, услуг) относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ; вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения; затраты на командировки; плата сторонним организациям за пожарную и сторожевую охрану; за подготовку кадров; оплата услуг связи, вычислительных центров, банков; плата

за аренду; представительские расходы; затраты на ремонт. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{проч}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{исп}} + Z_{\text{внеб}} + A) \cdot 0,1 = 14697,068 \text{ руб.} \quad (6.13)$$

6.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, копирование документов и т.д. и составляют 400% от заработной платы исполнителей. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = Z \cdot 4 \quad (6.14)$$

Накладные расходы, руб.:

$$Z_{\text{накл}} = 84\,123,65 \cdot 4 = 336\,494,6$$

6.4.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	3 892
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы	84 123,65
3. Отчисления во внебюджетные фонды	22 713,39
4. Амортизация	36 241,64
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	14 697,07

6. Накладные расходы	336 494,6
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	498 162,35
8. Прибыль (п. 7*0,2)	99 632,47
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	597 794,82

6.5 Определение капитальных вложений в РЗА

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики на подстанции «Сомкинская», трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет: $\sum M_{зм} = 1\,348\,000 \text{ руб.}$ (цены договорные по прейскуранту ООО НПО «ЭКРА»).

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монт}} \quad (6.15),$$

Где: $K_{\text{монт}} = 20\% \text{ от } K_{\text{оборуд}}$

$$K = 1\,575\,925,38 + 1\,348\,000 + 1\,348\,000 \times 0,2 = 3\,497\,856,9 \text{ руб.}$$